ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ПИРОЛИЗ ОТХОДОВ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Хожиева Рухсора Бахтиёровна
Доцент кафедры «Технология переработки нефти и газа» Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: hruxsora86@mail.ru
Хайитов Руслан Рустамжонович
профессор кафедры Технология переработки нефти и газа» Бухарский государственный технический университет, д.т.н., Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: leo-bexa@mail.ru
Нураддинов Нураддин
Магистрант ***Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Бухара***

Аннотация. Растущее накопление отходов автомобильных шин создаёт серьёзные экологические проблемы, одновременно открывая возможности для извлечения ресурсов. В данном исследовании изучен пиролиз отходов шин в бескислородных условиях с целью получения топливных дистиллятов и ценных химических соединений. Термогравиметрический анализ выявил оптимальные температурные диапазоны разложения: 300–500 °C для отходов шин. При оптимизированных условиях (400 °C, 60 мин для шин) были получены максимальные выходы жидкости: 50 мас.% соответственно. ГХ-МС анализ показал, что дистилляты из шин богаты нафтеновыми (37,81 мас.%) и ароматическими углеводородами (≈60 мас.%). Физико-химические свойства полученных дистиллятов сопоставимы с традиционными нефтяными топливами, что подтверждает их потенциал в качестве альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: пиролиз; отходы шин; топливный дистиллят; ГХ-МС; ароматические углеводороды.

Annotatsiya. Avtomobil shina chiqindilarining ortib borayotgani jiddiy ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, shu bilan birga resurslarni qayta tiklash imkoniyatlarini ham beradi. Ushbu tadqiqotda yoqilg‘i distillatlari va qimmatbaho kimyoviy birikmalarni olish maqsadida shina chiqindilarining kislorodsiz sharoitda pirolizi o‘rganildi. Termogravimetrik tahlil yordamida shina chiqindilari uchun optimal parchalanish harorat oralig‘i 300–500 °C ekanligini aniqladi. Optimal sharoitda (400 °C, 60 daqiqa) shinalardan maksimum 50 % yoqilg‘i distillyat olishga erishildi. GX-MS tahlili shuni ko‘rsatadiki shinalardan

ISSN 3030-3907

olingan distillyatlarning naften (37,81 %) va aromatik uglevodorodlarga (≈60 og‘irlik%) boy ekanligini ko‘rsatdi. Olingan distillatlarning fizik-kimyoviy xossalari an’anaviy neft yoqilg‘ilari bilan taqqoslanadi, bu ularning muqobil energiya manbalari sifatidagi salohiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: piroliz; shina chiqindilari; yoqilg‘i distillati; GX-MS; aromatik uglevodorodlar.

Abstract. The growing accumulation of waste automobile tires creates serious environmental problems while simultaneously opening up opportunities for resource recovery. This study investigates the pyrolysis of tire waste under oxygen-free conditions to produce fuel distillates and valuable chemical compounds. Thermogravimetric analysis revealed the optimal decomposition temperature range of 300–500 °C for tire waste. Under optimized conditions (400 °C, 60 min for tires), a maximum liquid yield of 50 wt.% was obtained. GC-MS analysis showed that tire-derived distillates are rich in naphthenic (37.81 wt.%) and aromatic hydrocarbons (≈60 wt.%). The physicochemical properties of the obtained distillates are comparable to conventional petroleum fuels, confirming their potential as alternative energy sources.

Keywords: pyrolysis; tire waste; fuel distillate; GC-MS; aromatic hydrocarbons.

ВВЕДЕНИЕ.

Истощение запасов ископаемого топлива и растущее накопление твёрдых отходов, особенно отработанных шин, стимулируют поиск устойчивых энергетических альтернатив. Отходы шин содержат сложные сшитые полимеры, в первую очередь стирол-бутадиеновый каучук. Отработанных шин богаты углеводородами, что делает их подходящими кандидатами для термохимической конверсии [1].

Пиролиз, определяемый как термическое разложение в отсутствие кислорода, стал эффективным методом переработки таких отходов в топливо и ценные химикаты. Предыдущие исследования показали, что пиролиз может давать жидкое топливо, газы и твёрдые остатки в зависимости от условий процесса. Однако остаются проблемы оптимизации выхода продуктов, понимания механизмов реакций и улучшения качества топлива [2].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В качестве сырья использовались отходы автомобильных шин [3].

ТГА проводили для определения поведения при разложении. Отходы шин показали полную деградацию при 300–500 °C [4].

Эксперименты проводились в лабораторном пиролизном реакторе в бескислородных условиях и на ее основе собрана лабораторная установка, которой схема, представлена на рисунке [1,5].

ISSN 3030-3907

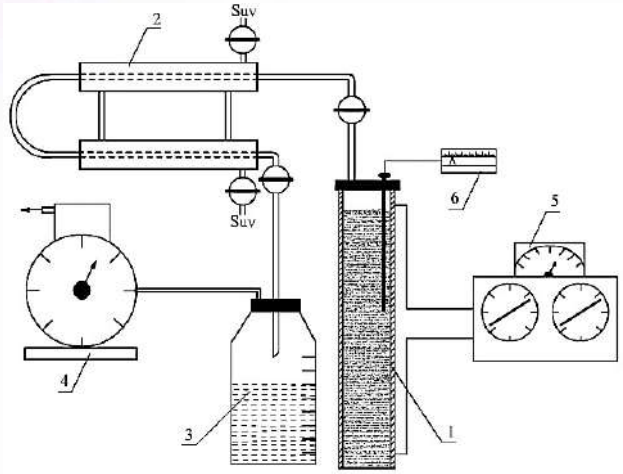


Рис.1. Схема экспериментальной установки пиролиза изношенных автомобильных шин и пластмассовых отходов без доступа кислорода воздуха: 1 – реактор; 2 – холодильник; 3 – сборник конденсата; 4 – счётчик газа; 5 – автотрансформатор; 6 – термопара.

Методом термогравиметрии в тигле, без доступа воздуха, определен температурный интервал разложения резины из автошин. При этом установлены температура начала разложения, которая равна на 285°С, максимумы разложения – в области 350-425°С и температура завершении процесса – 535°С. На основании полученных данных термогравиметрии процесс пиролиза проводили при температуре 200-500°С, которая контролировалась с помощью термопары, находящейся в средней части реактора. Скорость подъема температуры составляла 7-10°С в минуту. По достижению необходимой температуры эксперимента образец выдерживали в реакторе в течение 1-2 ч. Перегретый пар, необходимый для пиролиза получали в парогенераторе. Расход водяного пара, идущего в реактор, регулировали количеством воды, поступающей в парогенератор, за счет изменения скорости её истечения в капилляре в зависимости от давления над водой, создаваемого в дозирующей емкости с помощью азота. Из парогенератора водяной пар, а из баллона гелий, очищенный от кислорода, вдуваются в реактор. Водяной пар перегревается до 300-500°С. Выделяющиеся газообразные продукты пиролиза эвакуировали из реактора по газоотводной трубке и направляли в охлаждаемый конденсатор для конденсации паров смеси углеводородов и сборник конденсата [1, 6].

Реометрами измеряли расходы водяного пара. Опыты проводили по следующей последовательности: предварительно реактор разогревали до температуры процесса. После загрузки резиновой крошки в реактор температура понижалась до 300°С. Через 7-10 мин. резиновая крошка нагревалась до оптимальной температуры процесса пиролиза, которая поддерживалась постоянной на протяжении всей операции. По окончании

ISSN 3030-3907

процесса подачу водяного пара прекращали, углеродный остаток охлаждали, и проводили определение необходимых параметров, касающихся свойств продуктов пиролиза [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для облегчения пиролиза отходов изношенных шин резиновые отходы измельчались и разделялись с помощью оборудования Cutter QK200. Отделенную от металловолокон резиновую часть подвергли пиролизу в лабораторной установке, представленной на рис.1, и провели анализ продуктов, полученных в результате процесса пиролиза. Результаты анализа представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1

Результат процесса пиролиза образца изношенной шины

Образцы использованных шин	**Выход газа, %**	**Выход топливного дистиллята, %**	**Твёрдый остаток, %**	**Потеря, %**
Автошина (Roadone-235/75) R13.5)	26	20-25	45-49	4
Шина (Roadone 315/80 R22.5) 156/153L)	20	45-50	30-33	2

Результаты процесса пиролиза образца отходов изношенных шин показали (табл.1), что выход дистиллята из отходов шин грузовика HOWO (Roadone 315/80 R22.5 156/153L) на 25 % выше, чем из дистиллята, полученного из отходов легковой шины (Roadone-235/75 R17.5). При этом выход газообразного продукта и твёрдого остатка был на 15-20 % меньше. Эти данные показывают, что в шинах грузовика HOWO содержится больше топливного дистиллята по сравнению с образцами шин легкового автомобиля.

Газы, выделяющиеся на начальной стадии пиролиза (до 300°C), в основном представляют собой азот и углекислый газ. После 300°C в отсутствие кислорода при температуре обратного холодильника увеличиваются неконденсирующиеся легкие углеводородные газы, которые обладают горючими свойствами.

Пиролизная смола – темно-коричневая жидкость,содержащая 2-3 % воды, не разлагается при длительном отстаивании. Определены следующие параметры для пиролизной смолы:

– температура начала кипения – 180°C;
– теплота сгорания – 35 МДж/кг;
– содержание алифатических соединений – 5,3 %;

ISSN 3030-3907

– содержание ароматических соединений – 95,8 %;
– содержание серы – 1,5 %.

Полученную пиролизную смолу можно рекомендовать для использования в качестве котельного топлива без дополнительной обработки.

Твердый углеродистый остаток представляет собой технического углерода, зольностью 7-8 %.

Для технического углерода определены следующие параметры:
– насыпная плотность – 477,0 г/дм3;
– адсорбционная активность по бензолу – 142,0 г/дм3;
– содержание серы – 2,3 %;
– теплота сгорания – 24,5 МДж/кг.

Технический углерод может быть использован в качестве сырья для получении активированного угля, пироуглерода, а также в качестве топлива в специальных топочных устройствах. Кроме того, в настоящее время во всем мире остро стоит проблема поиска новых эффективных заменителей дорогостоящих металлургических коксов и полученный в результате пиролиза технический углерод, при условии надлежащей обработки, может послужить сырьем для получения углеродных восстановителей. Однако, серьезным препятствием этому решению может послужить загрязненность остатка пиролиза серой, содержание которой в металлургических коксах недопустимо.

Из состава топливных дистиллятов, полученных из отходов, по результатам газохромато-масс-спектрометрического анализа выделены вещества с точностью определения 90%, на основе которых составлен углеводородный групповой состав (таблицы 3 и 4).

Таблица 3

Углеводородный групповой состав топливного дистиллята, полученного из отходов изношенных шин

Углеводородная группа	Количество, масс. %
Нафтеновые	37,81
Олефиновые	0,93
Ароматические углеводороды	58,69
Сернистые соединения: Бензотиазол Диметилбензо[b]тиофен	 2,07 0,5

ISSN 3030-3907

Согласно результатам ГХ-МС анализа (табл. 3), химический состав топливного дистиллята, полученного из изношенных автомобильных шин, представляет собой сложную структуру органических веществ, включающих соединения различных групп углеводородов и углеводороды с гетероциклическими кольцами. Основную часть углеводородов составляют соединения в интервале от C_6 до C_{24}, которые являются основными компонентами бензина, керосина, дизельного топлива и мазута.

ОБСУЖДЕНИЕ. Результаты подтверждают, что пиролиз является эффективным методом превращения отходов шин, подобные топливу. Более высокий выход жидкости из отходов шин объясняется их сшитой структурой, в то время как пластик способствует газообразованию из-за обширного крекинга.

Серосодержащие соединения происходят из вулканизованной резины и претерпевают сложные превращения во время пиролиза. Их удаление посредством сульфирования и нейтрализации значительно улучшает качество топлива.

В целом, полученные дистилляты проявляют свойства, сходные с обычными топливами, что подтверждает возможность их практического применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Данное исследование демонстрирует, что:

- Отходы шин могут быть эффективно превращены в топливные дистилляты с помощью пиролиза.
- Оптимальные условия позволяют получить до 50 мас.% жидких продуктов.
- Дистилляты богаты ароматическими углеводородами и напоминают нефтяные топлива.

Предложенный подход представляет собой устойчивую и безотходную технологию производства альтернативного топлива и ценных химических веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hojiyeva, R. B., & Hayitov, R. R. (2020). Ishlatilgan avtomobil shinalarini qayta ishlash va yoqilgi mahsulotlarini olish imkoniyatlari. Science and Education, 1(9).

2. Хожиева, Р. Б., & Хайитов, Р. Р. (2021). Исследование процесса получения углеводородов из резиновых отходов. *Universum: технические науки*, (6-4 (87)), 44-46.

3. Хожиева Р.Б., Хайитов Р.Р., Наубеев Т.Х. Резиновые отходы их утилизаций “Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариш саноат

ISSN 3030-3907

соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги республикаси илмий-амалий конференция. Нукус-2021 йил 26 апрел 241-242 б.

4. Hojiyeva, R. B., & Hayitov, R. R. (2022). Ishlatilgan rezina va plastmassa chiqindilaridan piroliz mahsulotlarini olish jarayonini tadqiq qilish. *Science and Education*, *3*(5), 259-264.

5. Хожиева, Р. Б., & Хайитов, Р. Р. (2021). Исследование процесса получения углеводородов из резиновых отходов. *Universum: технические науки*, (6-4 (87)), 44-46.

6. Khojieva Ruxsora, Khayitov Ruslan, Ataullaev Sherzod, Oripov Surat STUDY THE PROCESS OF RECEIVING HYDROCARBONS FROM RUBBER WASTE // Universum: технические науки. 2023. №4-7 (109). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/study-the-process-of-receiving-hydrocarbons-from-rubber-waste (дата обращения: 18.09.2024).

7. Akhmedova, O., Hojiyeva, R., Hayitov, R., Qayumov, A., Maxmudov, N., Asadova, R., Murtazaev, A., Narimov, R., Khikmatova, D. & Abdalimov, A. (2026). Production of low-sulfur fuel distillates from waste tyres via pyrolysis and their application in petroleum refining. Journal of Ecological Engineering, 27(8).

ISSN 3030-3907